

Manufacture of three-dimensional structure using coarse structure with recesses having edges inclined at angle between 0 and 90 degrees

Publication number: DE10028426

Publication date: 2001-04-12

Inventor: BLAESI BENEDIKT (DE); GOMBERT ANDREAS (DE)

Applicant: FRAUNHOFER GES FORSCHUNG (DE)

Classification:

- international: **G03F7/00; G03F7/00; (IPC1-7): G03F7/20**

- european: G03F7/00B3

Application number: DE20001028426 20000613

Priority number(s): DE20001028426 20000613; DE19991026493 19990610

Report a data error here

Abstract of DE10028426

The method involves exposing a layer of photo-sensitive material so that a fine structure is formed by interference of the exposure beam diffracted and/or diffused at a coarse structure. The coarse structure is formed with recesses having edges whose angle of inclination is less than 90 degrees and greater than 0 degrees. The coarse and fine structures may be formed as volume or surface structures, the fine structure having a structural dimension that is less than the exposure wavelength.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



⑳ Aktenzeichen: 100 28 426.4
㉔ Anmeldetag: 13. 6. 2000
㉕ Offenlegungstag: 12. 4. 2001

⑥⑥ Innere Priorität:
199 26 493. 7 10. 06. 1999

⑦① Anmelder:
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung e.V., 80636 München, DE

⑦④ Vertreter:
Rösler, U., Dipl.-Phys.Univ., Pat.-Anw., 81241
München

⑦② Erfinder:
Bläsi, Benedikt, 79102 Freiburg, DE; Gombert,
Andreas, Dr., 79100 Freiburg, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren zur Herstellung einer dreidimensionalen Struktur

⑤⑦ Beschrieben wird ein Verfahren zur Herstellung einer dreidimensionalen Struktur durch Belichtung einer Schicht photoempfindlichen Materials, die eine räumlich ausgebildete Grobstruktur mit Strukturdimensionen von mindestens der Wellenlänge der Belichtungsstrahlung aufweist und mit nachfolgender, gezielter Entwicklung der Schicht photoempfindlichen Materials, wobei die Belichtung der Schicht photoempfindlichen Materials derart erfolgt, daß sich durch Interferenz der an der Grobstruktur gebeugten und/oder gestreuten Belichtungsstrahlung eine Feinstruktur in Überlagerung zur Grobstruktur ausbildet.

Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß die Grobstruktur derart ausgebildet wird, dass die Grobstruktur Vertiefungen mit Flanken aufweist, deren Neigungswinkel kleiner 90° und größer als 0° betragen.

Technisches Gebiet

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung einer dreidimensionalen Struktur durch Belichtung einer Schicht photoempfindlichen Materials, die eine räumlich ausgebildete Grobstruktur, mit Strukturdimensionen von mindestens der Wellenlänge der Belichtungsstrahlung, aufweist und mit nachfolgender, gezielter Entwicklung der Schicht photoempfindlichen Materials, wobei die Belichtung der Schicht photoempfindlichen Materials derart erfolgt, daß sich durch Interferenz der an der Grobstruktur gebeugten und/oder gestreuten Belichtungsstrahlung eine Feinstruktur in Überlagerung zur Grobstruktur ausbildet.

Stand der Technik

Dreidimensionale Strukturen, die durch Belichtung in einer photoempfindlichen Materialschicht eingebracht sind, können sowohl als Oberflächenschichten als auch als Volumenschichten ausgebildet sein. Das Einbringen von Strukturen in photoempfindliche Materialschichten erfolgt üblicherweise mit Hilfe photolithographischer oder holographischer Verfahren, mit denen es möglich ist, sich periodisch wiederholende oder stochastisch verteilte Strukturen zu erzeugen, deren kleinste Strukturdimensionen in der Größenordnung der halben Wellenlänge des Belichtungslichtes liegen, mit der der Belichtungsvorgang der photoempfindlichen Schicht vorgenommen worden ist. Ein Beispiel für die Durchführung eines holographischen Verfahrens, mit dem die Erzeugung einer Oberflächengitterstruktur in einer Photoresistschicht möglich ist, ist in dem Artikel von Zanke, Gombert, Erdmann und Weiss, "Fine-tuned profile simulation of holographically exposed photoresist gratings", Optics Communications 154, 1998, pages 109-118, beschrieben. Zur Erzeugung des, das Oberflächengitter bildende Hologramms dient kurzwellige Strahlung mit einer Belichtungswellenlänge von 383,8 nm, die zu Gitterperioden von etwa 1 µm führt.

Im Bestreben, die Strukturdimensionen weiter zu reduzieren, um zum einen das Antireflexionsvermögen an optischen und technischen Oberflächen zu verbessern und zum anderen sich die Möglichkeit einer neuen Applikation zu eröffnen, nämlich der Schaffung schmutzabweisender, technischer Oberflächen durch feinste Mikrostrukturierung, wie sie aus der Biologie, beispielsweise bei Blütenblätter bekannt ist, werden verstärkte Anstrengungen unternommen, Strukturgrößen, vorzugsweise an Oberflächen, von wenigen µm und darunter, vorzugsweise kleiner als die Belichtungswellenlänge, zu realisieren.

In diesem Zusammenhang wird auf den Beitrag von A. Gombert, B. Bläsi et. al. "Antireflective submicrometer surface-relief gratings for solar applications", Solar Energy Materials & Solar Cells, 54, 1998, Seiten 333-342 hingewiesen, in dem Möglichkeiten und Schwierigkeiten bei der Erzeugung von strukturierten Oberflächen mit lateralen Strukturdimensionen von etwa 200 nm und Strukturiefen von einigen 100 nm diskutiert werden. Es zeigt sich, daß bei Verwendung herkömmlicher holographischer Belichtungstechniken die strukturierbaren Flächen, aus Gründen überaus hoher Präzisionsanforderungen an die optischen sowie auch mechanischen Anlagenkomponenten, üblicherweise nur in sehr kleinen Größen herstellbar sind, d. h. kleiner 1000 cm² betragen.

Will man derart strukturierte Flächen vergrößern, sind überaus hohe Anstrengungen aus technischer und finanzieller Sicht erforderlich, um die gewünschten Strukturdimen-

sionen zu erhalten.

Neben den vorstehend genannten bekannten Strukturierungstechniken, Photolithographie und Holographie, sind überdies Naßchemische- oder Plasmaätzverfahren bekannt, die unter Verwendung feinst strukturierter Ätzmasken eine gewünschte Oberflächenstruktur auf Substratoberflächen, wie beispielsweise Glas-, Metall- oder Halbleiteroberflächen, schaffen.

Ebenso ist es möglich, sehr feine Oberflächenstrukturen durch mechanische Verfahren, wie Schleifen oder Läppen, zu erzeugen. Zwar können, ähnlich den Ätzprozessen, sehr klein dimensionierte Strukturelemente hergestellt werden, jedoch zeigen sie oftmals relativ flach und rund verlaufende Strukturprofile, wodurch zumindest die Reflexionseigenschaften nachteilhaft beeinflusst werden.

Ebenso lassen sich mittels kontrolliertem Kristallwachstum stochastische Oberflächenstrukturen erzeugen, die beispielsweise durch PVD-Verfahren in säulenförmige Schichtkristallbildungen geformt werden können. Ebenso sind stochastische Oberflächenstrukturen durch galvanisches Schichtwachstum zu erhalten, deren Strukturdimensionen in Abhängigkeit der jeweiligen Prozeßführung individuell einstellbar sind.

Allen bekannten Strukturierungstechniken, gleichwohl ob es sich um die Strukturierung von Oberflächen handelt, wie auch die Strukturierung von Volumenschichten, beispielsweise durch gezielte räumliche Strukturierung des Brechungsindex von optisch transparenten Medien, ist der Aufwand für die Erzeugung möglichst großflächiger bzw. großvolumiger Strukturbereiche mit Strukturelementen, deren Strukturdimension kleiner als 1 µm messen, sehr hoch, wodurch die Herstellung derartig behandelter technischer Oberflächen in großer Stückzahl zu kostspielig ist.

In den Druckschriften JP 4-367216 sowie US 5,484,672 ist jeweils ein Belichtungsverfahren für eine lichtempfindliche Schicht beschrieben, die grobstrukturiert und Grobstrukturelemente mit jeweils senkrechten Seitenflanken aufweist, an deren obere Flankenenden weitgehend horizontal verlaufende Flächenabschnitte anschließen, die zusammen mit den senkrechten Flanken scharfe Kantenzüge einschließen. Durch Belichtung der Grobstruktur bilden sich lokal begrenzt um die Kantenzüge Interferenzerscheinungen aus, durch die die lichtempfindliche Schicht zusätzlich belichtet werden. Diese zusätzlichen Belichtungserscheinungen sind jedoch nur von sehr lokaler Ausdehnung um den jeweiligen Kantenbereich herum und bilden in der Schicht eine nur räumlich begrenzte Feinstruktur. Eine derartig begrenzte Feinstruktur ist jedoch im Allgemeinen nicht dafür geeignet das Antireflexionsvermögen positiv zu beeinflussen oder die Ausbildung schmutzabweisender, technischer Oberflächen zu ermöglichen.

Darstellung der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung einer dreidimensionalen Struktur durch Belichtung einer Schicht photoempfindlichen Materials, die eine räumlich ausgebildete Grobstruktur, mit Strukturdimensionen von mindestens der Wellenlänge der Belichtungsstrahlung, aufweist und mit nachfolgender, gezielter Entwicklung der Schicht photoempfindlichen Materials, derart weiterzubilden, daß eine Herstellung von einzelnen Strukturelementen möglich ist, die im µm-Bereich und darunterliegen und vorzugsweise kleiner als die Wellenlänge der Belichtungsstrahlung ist, mit der die photoempfindliche Schicht belichtet wird. Insbesondere soll es möglich sein, möglichst großflächige Bereiche sowohl an der Oberfläche wie auch im Volumen selbst zu strukturieren, ohne dabei ei-

nen konstruktiven wie auch finanziellen hohen Aufwand betreiben zu müssen.

Die Lösung der der Erfindung zugrundeliegenden Aufgabe ist im Anspruch 1 angegeben. Vorteilhafte Merkmale sind in den Unteransprüchen sowie auch den die Erfindung betreffenden Beschreibungsteilen einschließlich der Zeichnungen enthalten.

Erfindungsgemäß ist ein Verfahren zur Herstellung einer dreidimensionalen Struktur durch Belichtung einer Schicht photoempfindlichen Materials, die eine räumlich ausgebildete Grobstruktur, mit Strukturdimensionen von mindestens der Wellenlänge der Belichtungsstrahlung, aufweist und mit einer nachfolgenden gezielten Entwicklung der Schicht photoempfindlichen Materials, wobei die Belichtung der Schicht photoempfindlichen Materials derart erfolgt, daß sich durch Interferenz der an der Grobstruktur gebeugten und/oder gestreuten Belichtungsstrahlung eine Feinstruktur in Überlagerung zur Grobstruktur ausbildet, derart angegeben, daß die Grobstruktur derart ausgebildet wird, dass die Grobstruktur Vertiefungen mit Flanken aufweist, deren Neigungswinkel kleiner 90° und größer als 0° betragen.

Es hat sich gezeigt, dass das Vorsehen von Grobstrukturen, die in Abweichung von bekannten Strukturen, wie etwa in der JP 4-367216 sowie US 5,484,672 keine senkrechten Flanken sondern zur Vertikalen geneigte Flanken vorsehen, zu Interferenzerscheinungen führt, die sich großflächig über die gesamte Oberfläche der mit Grobstrukturen vorstrukturierten Schicht photoempfindlichen Materials erstrecken. Insbesondere Grobstrukturen, die aus Dreieckgrundkörpern oder aber auch einem Sinusgitter zusammengesetzt sind, führen zu den erwünschten flächig ausgebildeten Interferenzerscheinungen.

Der Grund für die Ausbildung der Interferenzerscheinungen ist darin zu sehen, daß die fein zu strukturierende photoempfindliche Schicht, unabhängig davon, ob die Schicht eine Oberflächenschicht oder eine Schicht inmitten eines transparenten Körpers ist, eine Grobstruktur aufweist, deren Strukturgröße und geometrische Ausprägung derart mit der Wellenlänge der Belichtungsstrahlung abgestimmt ist, so daß die Grobstruktur die Belichtungsstrahlung optisch wirksam reflektiert, bricht und/oder beugt, so daß sich ein Nahfeld ergibt, das sich aus evaneszenten, d. h. nicht selbst ausbreitungsfähigen, und ausbreitungsfähigen Wellen zusammensetzt, die zusammen ein Interferenzfeld mit lokalen Intensitätsüberhöhungen ergeben, durch das die photoempfindliche Schicht in Überlagerung zur Grobstruktur belichtet wird, wodurch zusätzlich zur Grobstruktur der photoempfindlichen Schicht eine Feinstruktur gebildet wird, die durch einen anschließenden Entwicklungsschritt in Erscheinung tritt.

Handelt es sich um eine Volumenschicht, so vermag das sich durch Reflexion, Brechung und/oder Beugung ausbildende evaneszente Interferenzfeld, das durch Vielfachinterferenz lokale Intensitätsüberhöhungen aufweist, den Brechungsindex der photoempfindlichen Schicht lokal zu verändern, wodurch sich eine in Überlagerung zu einer in der photoempfindlichen Schicht vorhandenen Grobstruktur zusätzliche Feinstruktur ausbildet. Um auch in einer Volumenschicht eine, im nahezu ganzen Volumen ausgeprägte Feinstruktur zu erhalten, sind zur Erzeugung der Vielfachinterferenzen der Brechungsindex in der Volumenschicht vorzugsweise derart einzustellen, dass sich der Brechungsindex parallel zur der die Volumenschicht begrenzenden Oberfläche, durch die das Belichtungslicht hindurch tritt, räumlich stetig ändert.

Die weitere Beschreibung der Erfindung bezieht sich in nicht abschließender Weise vornehmlich auf die Ausbildung einer Oberflächenschicht. Die hierzu zu ergreifenden Maß-

nahmen können jedoch in analoger Weise ebenso für die Herstellung einer strukturierten Volumenschicht herangezogen werden.

Die Herstellung einer Grobstruktur, vorzugsweise in einer Photoresistschicht, die auf einer technischen Oberfläche aufgebracht ist, kann mit den bekannten Strukturierungstechniken, wie sie zum Stand der Technik vorstehend kurz skizziert worden sind, durchgeführt werden. Besonders eignet sich hierzu die holographische Belichtung der Photoresistschicht, mit der verhältnismäßig große Flächen mit tiefen und steilen Strukturelementen versehen werden können, die bei weiterer, erfindungsgemäßer Belichtung Teilwellen erzeugen, die zu einem gewünschten, kontrastreichen Interferenzmuster führen. Besonders vorteilhafte Grobstrukturen sind Oberflächengitter, deren Strukturelemente sich in einer regelmäßigen, periodischen Abfolge nebeneinander reihen. Die einzelnen Strukturelemente weisen geneigte Flanken auf, die einen Neigungswinkel $0^\circ < \alpha < 90^\circ$ vorzugsweise $\alpha > 30^\circ$. Das Aspektverhältnis des sich aus der Vielzahl der einzelnen Strukturelementen zusammensetzende Oberflächengitter weist wenigstens 0,2 auf. Der Neigungswinkel α entspricht dabei jenem Winkel zwischen der Seitenflanke der Grobstruktur und der gedachten Ebene, entlang der sich die dreidimensionale Struktur innerhalb der photoempfindlichen Schicht erstreckt.

Durch die im Mikrometerbereich liegenden Strukturdimensionen der einzelnen Strukturelemente, beispielsweise 1 bis $10\ \mu\text{m}$, wird die auf die Grobstruktur auftreffende Belichtungsstrahlung mit vorzugsweise einer Wellenlänge im sichtbaren oder ultravioletten Spektralbereich mit hoher Effizienz gebeugt und/oder reflektiert, wodurch sich im Nahfeld unmittelbar in der Ebene der Grobstruktur ein evaneszentes, interferierendes Wellenfeld ausbildet, das kleinräumige Intensitätsschwankungen vorsieht, durch die die Photoresistschicht zusätzlich mit einer Feinstruktur belichtet wird. Eine nachfolgende Entwicklung der belichteten Photoresistschicht führt zur Freilegung der die Grobstruktur überlagernden ganzflächigen Feinstrukturen, deren Strukturdimensionen in der Größenordnung von bis zu $200\ \text{nm}$ liegen. Die Strukturdimension der Feinstruktur hängt vorwiegend von der Wahl der Wellenlänge der Belichtungsstrahlung ab, die als kohärentes Wellenfeld die Grobstruktur bestrahlt.

Als besonders geeignete Lichtquellen sind Excimerlaser oder Argon-Ionen-Laser zu nennen, deren Lichtstrahl zur vollständigen Ausleuchtung der mit der Feinstruktur zu strukturierenden Oberfläche aufgeweitet wird, um diese mit einem kohärenten Wellenfeld homogen zu belichten.

Alternativ zur vorstehend beschriebenen Anwendung der holographischen Belichtungstechnik zur Herstellung der Grobstruktur innerhalb einer Oberflächenphotoresistschicht, kann die Grobstruktur auch auf nicht optische Weise auf einer Substratoberfläche mittels der zum Stand der Technik beschriebenen Verfahren hergestellt werden. Beispielsweise sei auf die selektive Ätztechnik an dieser Stelle verwiesen, mit der Halbleitersubstrate in Größenordnungen von einigen μm strukturiert werden können. Die auf diese Weise grob strukturierte Halbleiteroberfläche wird in einem nachfolgenden Beschichtungsschritt mit einer, die Oberflächenkontur der Grobstruktur erhaltenden Photoresistschicht überzogen, die in dem erfindungsgemäß weiteren Belichtungsschritt in der vorstehend beschriebenen Weise feinstrukturiert wird.

Herstellungsbedingt, nicht zuletzt durch die Anwendung holographischer Belichtungstechniken zur Erzeugung der Grobstruktur, weist die aus der Grobstruktur und Feinstruktur zusammengesetzte Kombinationsstruktur, häufig sogenannte Hinterschnitte, auf, d. h. es bilden sich abgeflachte Konturspitzen aus, die in Projektion die darunter befindli-

chen Strukturbereiche überragen, wodurch eine Vervielfältigung der Kombinationsstruktur im Wege an sich bekannter Prägeverfahren nicht möglich ist. Es hat sich jedoch gezeigt, daß mit Hilfe wenigstens eines zusätzlichen anisotropen Ätzprozesses derartige Hinterschnitte abgetragen werden können, so daß die resultierende Kombinationsstruktur auch für Prägungen eingesetzt werden kann. Dies ermöglicht eine kostengünstige Replikation und Vervielfältigung der mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens hergestellten räumlichen Oberflächenstruktur. Der hierfür vorausgesetzte anisotrope Ätzprozeß, der beispielsweise mittels reaktivem Ionenätzen durchgeführt werden kann, weist eine Ätz-Vorzugsrichtung auf, die mit der Prägerichtung, mit der die Matrize auf eine zu prägende Substratoberfläche geführt wird, übereinstimmt.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren sind folgende Vorteile verbunden:

Das Verfahren ermöglicht die Herstellung von extrem tiefen und feinen Strukturen, deren Größe kleiner als die halbe Bestrahlungswellenlänge ist.

Als Bedingung für einen guten Kontrast bei der Belichtung der Grobstruktur, d. h. für eine lichtstarke Ausbildung von lokalen Intensitätsmaximas innerhalb des evaneszenten Wellenfeldes existieren lediglich lokale Stabilitätsanforderungen an die Dimension der vorgegebenen Grobstruktur. Aus diesem Grunde ist eine großflächige Herstellung der erfindungsgemäßen Kombinationsstruktur möglich. Die Belichtung erfolgt dabei bevorzugt mit einem nahezu auf die zu belichtende Schichtoberfläche senkrechten Lichteinfall.

Die Form der Feinstruktur wird durch eine entsprechende Wahl der Grobstruktur beeinflußt, wobei die Grobstruktur im Vergleich zur Feinstruktur um wenigstens den Faktor 2 größer dimensioniert ist und die Form und Größe der Feinstruktur hierdurch präzise gesteuert werden kann.

Durch nachfolgendes anisotropes Ätzen der durch die Belichtungsvorgänge erhaltenen Kombinationsstruktur können jegliche Hinterschnitte vermieden werden, wodurch die Kombinationsstruktur auch durch Prägeverfahren repliziert werden kann.

Durch die vorgegebene Grobstruktur, deren Strukturelemente vorzugsweise steile aber geneigte Flanken sowie ein großes Aspektverhältnis aufweisen, kann der Betrag der Amplituden der an der Grobstruktur gebeugten, gebrochenen und/oder reflektierten Teilwellen entscheidend beeinflußt werden, wodurch der Kontrast des sich im Nahfeld ausbildenden Interferenzfeldes gesteuert werden kann. Für Feinstrukturen mit großem Kontrast ist daher dafür Sorge zu tragen, daß die Amplituden der interferierenden Teilwellen im Nahfeld der Kombinationsstruktur so groß wie möglich sind.

Die mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens hergestellte Kombinationsstruktur, die sich aus der Überlagerung einer vorgegebenen Grobstruktur mit einer sich durch Beugung und Reflexion ausbildenden Feinstruktur zusammensetzt, ist es möglich, die Bandbreite des Reflexionsvermögens an einer derart strukturierten technischen Oberfläche im Vergleich zu herkömmlichen Oberflächenstrukturen erheblich zu vergrößern. Darüber hinaus vermag die zusätzlich in die Grobstruktur eingebrachte Feinstruktur der technischen Oberfläche eine schmutzabweisende Eigenschaft zukommen zu lassen, wie man sie beispielsweise aus der Botanik an den Oberflächen von Blütenblättern her kennt.

Kurze Beschreibung der Erfindung

Die Erfindung wird nachstehend ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung ex-

emplarisch beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1a bis e Nahaufnahmen zur Darstellung verschieden strukturierter Grobstrukturen.

In den Fig. 1a bis c sind Elekttronenstrahlmikroskopaufnahmen gezeigt, die eine hexagonal angeordnete Grobstruktur darstellen, mit einer Periodenweite zwischen zwei benachbarten Strukturelementen in der Größenordnung von etwa 6 µm.

Die Fig. 1d und e zeigen die Grobstruktur eines Kreuzgitters, ebenfalls mit einer Periodenweite von 6 µm.

Innerhalb der in den Figuren dargestellten Grobstrukturen wird kohärentes Licht mit Wellenlängen, vorzugsweise im ultravioletten Spektralbereich, gebeugt bzw. reflektiert, so daß durch die sich ausbildende Nahfeldinterferenz Feinstrukturen der grob strukturierten Photoresistschicht ausbilden.

In Fig. 1a sind repräsentativ für die übrigen Figuren die Grobstruktur G und die Feinstruktur F mit entsprechenden Bezugszeichen gekennzeichnet.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer dreidimensionalen Struktur durch Belichtung einer Schicht photoempfindlichen Materials, die eine räumlich ausgebildete Grobstruktur, mit Strukturdimensionen von mindestens der Wellenlänge der Belichtungsstrahlung, aufweist und mit nachfolgender, gezielter Entwicklung der Schicht photoempfindlichen Materials, wobei die Belichtung der Schicht photoempfindlichen Materials derart erfolgt, daß sich durch Interferenz der an der Grobstruktur gebeugten und/oder gestreuten Belichtungsstrahlung eine Feinstruktur in Überlagerung zur Grobstruktur ausbildet, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Grobstruktur derart ausgebildet wird, dass die Grobstruktur Vertiefungen mit Flanken aufweist, deren Neigungswinkel kleiner 90° und größer als 0° betragen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Grob- und Feinstruktur als Volumen- oder Oberflächenstrukturen ausgebildet werden und die Feinstruktur eine Strukturdimension kleiner als die Belichtungswellenlänge aufweist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die räumlich ausgebildete Grobstruktur mittels Belichtung der Schicht photoempfindlichen Materials und/oder nachfolgender gezielter Entwicklung hergestellt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Belichtung der Schicht photoempfindlichen Materials photolithographisch oder holographisch durchgeführt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die räumlich ausgebildete Grobstruktur mittels eines Materialabtrageverfahrens, Beschichtungsverfahrens, Kristallwachstumsverfahrens oder Prägeverfahrens, das an einer Oberfläche eines zu strukturierenden Substrats angewandt wird, das nachfolgend konturerhaltend mit der Schicht photoempfindlichen Materials überzogen wird, hergestellt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht photoempfindlichen Materials ein Photoresist ist.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Belichtung der Schicht photoempfindlichen Materials zur Herstellung der Feinstruktur mit kohärentem Licht erfolgt.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Grobstruktur mit einer oder mehreren sich

überlagernden Lichtwellen belichtet wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Dimensionierung der Grobstruktur sowie die Wahl der Belichtungswellenlänge, mit der die Belichtung zum Erhalt der Feinstruktur durchgeführt wird, derart aufeinander abgestimmt werden, daß sich im Nahfeld der Grobstruktur Vielfachinterferenzen im Belichtungslicht ergeben, die zu kleinräumigen Intensitätsschwankungen im Nahfeld führen, durch das das photoempfindliche Material zusätzlich wenigstens nahezu flächendeckend belichtet und nach entsprechender Entwicklung feinstrukturiert wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Grobstruktur in Art eines Oberflächen- oder Volumengitters ausgebildet wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Grobstruktur Vertiefungen mit steilen Flanken mit einem Aspektverhältnis von größer als 0,2 aufweisen.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Belichtungsstrahlung bei Wellenlängen im UV-Spektralbereich Feinstrukturen mit Strukturdimensionen von 200 nm und darunter bildet.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß nach Ausbildung der Feinstruktur die dreidimensionale Oberflächenstruktur einem anisotropen Ätzprozeß unterworfen wird, der eine bevorzugte Ätzrichtung aufweist, die normal zur Oberfläche gerichtet ist.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die lateralen Dimensionen der Grobstruktur mindestens doppelt so groß sind wie bei der Feinstruktur.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Grobstruktur einen Flächenanteil von horizontal verlaufenden Flächen von weniger als 30% aufweist.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Grobstruktur in Art eines Sinusgitters oder als Pyramidenanordnung ausgebildet wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Feinstruktur ganzflächig auf der Oberfläche der Grobstruktur ausbildet.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

50

55

60

65

BEST AVAILABLE COPY

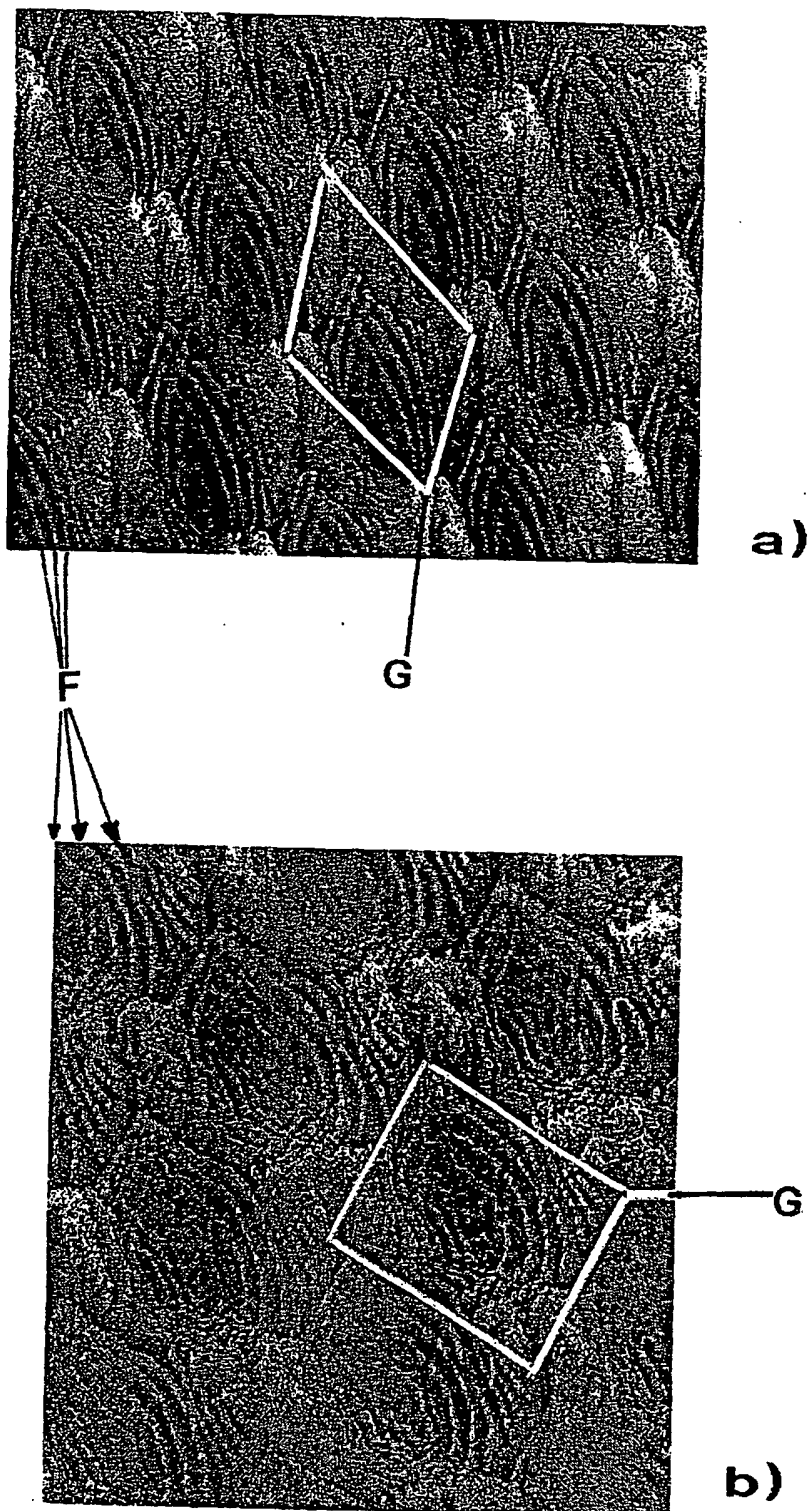
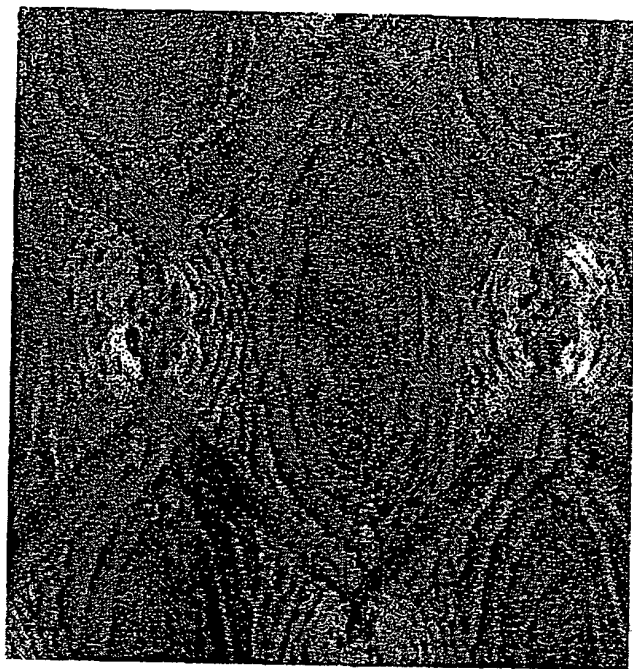
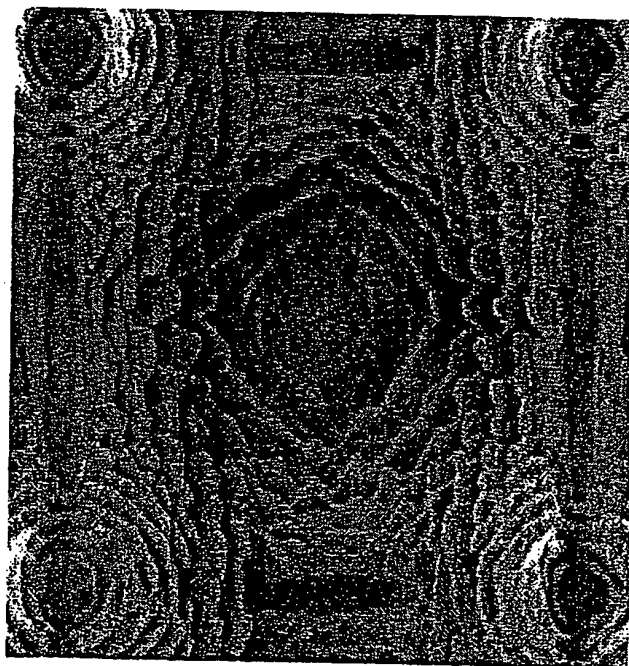


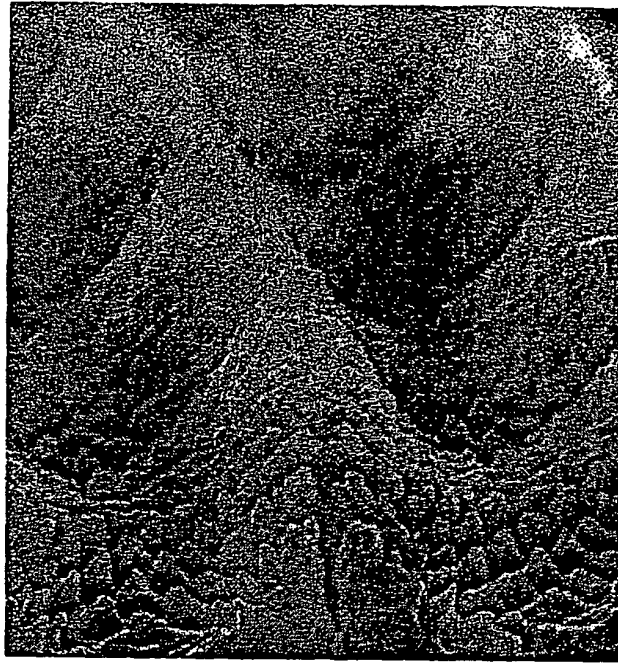
Fig. 1



c)



d)



e)